

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑪ Offenlegungsschrift  
DE 31 31 232 A1

⑩ Int. Cl. 3:  
H01 S 3/083  
H 01 S 3/19  
G 01 C 21/10  
G 11 B 7/12

P 31 31 232-2-33

6. 8. 81

8. 4. 82

- ⑫ Aktenzeichen:  
⑬ Anmeldetag:  
⑭ Offenlegungstag:

Behördeneigenamt

⑮ Unionspriorität: ⑯ ⑰ ⑱

13.08.80 JP P110419

⑯ Anmelder:

Ishizaka, Seiichi; Honda Giken Kogyo K.K., Tokyo, JP

⑰ Vertreter:

Mitscherlich, H., Dipl.-Ing.; Guschmann, K., Dipl.-Ing.;  
Körper, W., Dipl.-Ing., Dr.rer.nat.; Schmidt-Evers, J.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwv., 8000 München

⑲ Erfinder:

Matsuhashi, Yoshinobu; Shimada, Junichi; Sakurai,  
Kenjiro, Sakura, Ibaraki, JP; Nakamura, Yukinobu, Asaka,  
Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑳ Halbleiter-Ringlaservorrichtung

Bei einer Halbleiter-Ringlaservorrichtung ist ein Wellenleiter eines Halbleiter-Laserelementes unter einem Brewsterchen Winkel zur Normale auf die Spaltbene geneigt, so daß eine linear polarisierte Welle an der Spaltbene nicht reflektiert wird, und es wird außerhalb des Halbleiter-Laserelementes mit einem ringförmigen optischen Pfad ein ringförmiger Oszillator gebildet.  
(31 31 232)

DE 31 31 232 A1

DE 31 31 232 A1

Dipl.-Ing. H. MITSCHERLICH  
 Dipl.-Ing. K. GUNSMANN  
 Dr. rer. nat. W. KÖRBER  
 Dipl.-Ing. J. SCHMIDT-EVERS  
 PATENTANWÄLTE

D-8000 MÜNCHEN 22  
 Steinsdorferstraße 10  
 (089) \* 29 66 84

6. August 1981  
 je

Seiichi ISHIZAKA  
 1-3-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo / JAPAN

und

HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA  
 27-8, 6-chome, Jingumae, Shibuya-ku, Tokyo / JAPAN

10

Ansprüche:

1. Halbleiter-Ringlaservorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wellenleiter (3) eines Halbleiter-Laserelementes (11) so angeordnet ist, daß der Neigungswinkel des 15 Wellenleiters zur Normale auf eine Spaltebene (6) des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel bilden kann bezüglich des Wellenleitermediums und eines Mediums, welches der Spaltebene benachbart ist, und daß ein ringförmiger optischer Pfad mit einem optischen System, das eine Linse 20 (14), einen Spiegel (15) und andere Bauteile umfaßt, außerhalb des Halbleiter-Laserelementes so angeordnet ist, daß ein ringförmiger Resonator gebildet wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Faserteil (17) zum Aufbauen wenigstens 25 eines Teiles des ringförmigen optischen Pfades (16) verwendet wird.

06.08.61.

2

1

5

10

Halbleiter-Ringlaservorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Halbleiter-Ringlaservorrichtung, welche ein Halbleiter-Laserelement und einen ringförmigen Resonator mit einem ringförmigen optischen Pfad 15 umfaßt, der außerhalb des Laserelementes so angeordnet ist, daß eine Ringlaser-Schwingung erzeugt wird.

Ein Halbleiter-Laserelement hat im Vergleich zu einem Gaslaser oder dgl. Vorteile, wie beispielsweise sehr kleine GröÙe, geringes Gewicht, niedrigen Energieverbrauch, 20 hohen Wirkungsgrad, niedrige Kosten und andere, und deshalb hat man kürzlich damit begonnen, das Halbleiter-Laserelement für eine optische Kommunikation, einen Laserdrucker, eine Videoplatte und andere Vorrichtungen zu verwenden.

Auf dem Gebiet des Ringlaser-Gyroskops, das als Winkelgeschwindigkeitsdetektor dient, der in einer Trägheitsnavigationssvorrichtung für ein Flugzeug oder dgl. verwendet 30 wird, ist es aber bisher üblich, daß ein Helium-Neon-Laser eine konkurrenzlose Stellung einnimmt und noch kein Halbleiter-Laserelement verwendet worden ist.

Der Grund dafür liegt darin, daß bei einem herkömmlichen 35 Halbleiter-Laserelement ein Wellenleiter in einer Kristallstruktur des Laserelementes so angeordnet ist, daß er einen rechten Winkel zu einer Spalteinheit der Kristallstruktur bildet, so daß die Spalteinheit als Spiegel dient

06.08.61

3

- 1 und der sich zwischen der vorderen und dazu parallelen hinteren Spalteinheit erstreckende Wellenleiter so ausgebildet ist, daß er ein optischer Fabry-Perot-Resonator wird, um eine Laserschwingung zu bewirken. Selbst wenn
- 5 ein ringförmiger optischer Pfad außerhalb dieses Laserelementes vorgesehen ist, kann folglich kein reiner ringförmiger Oszillatator gebildet werden, und daher kann kein sehr empfindlicher Winkelgeschwindigkeitsdetektor erhalten werden.
- 10 Gegenstand der Erfindung ist die Schaffung einer Halbleiter-Ringlaservorrichtung, welche im Vergleich zu einer Gas-Ringlaservorrichtung Vorteile, wie zum Beispiel kleine Größe, geringes Gewicht, niedrigen Energieverbrauch,
- 15 hohen Wirkungsgrad, niedrige Kosten und andere aufweist und welche beispielsweise zur Verwendung in einer Ringlaser-Gyroskopvorrichtung geeignet ist; die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß ein Wellenleiter eines Halbleiter-Laserelementes so angeordnet ist, daß der Neigungswinkel des Wellenleiters zur Normale auf eine Spaltebene des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel bildet und bezüglich des Wellenleitermediums und eines Mediums, welches der Spaltebene benachbart ist, und daß ein ringförmiger optischer Pfad mit einem optischen System,
- 20 25 das eine Linse, einen Spiegel und andere Bauteile umfaßt, außerhalb des Halbleiter-Laserelementes so angeordnet ist, daß ein ringförmiger Resonator gebildet wird.

Die Erfindung nutzt das Prinzip des Brewster'schen Winkels. Gemäß diesem Prinzip wird, wie in Figur 1 gezeigt, bei Einfall eines Strahls von einem Medium I (Brechungsindex  $n_1$ ) auf ein Medium II mit unterschiedlichem Brechungsindex (Brechungsindex  $n_2$ ), wenn der Einfallswinkel  $\theta_i$  und der Durchlasswinkel  $\theta_t$  die Bedingung  $\theta_i + \theta_t = 90$  Grad erfüllen, der Einfallswinkel  $\theta_i$  als Brewster'scher Winkel bezeichnet, und es gilt  $\tan \theta_i = n_2/n_1$ ; in diesem Zustand

06.08.82

- 1 wird die linear polarisierte Welle des Strahls, deren elektrischer Feldvektor parallel zur Einfallsebene liegt, völlig reflektionsfrei. Erfindungsgemäß ist daher in Anwendung dieses Prinzips ein Wellenleiter eines Halbleiter-5 Laserelementes so angeordnet, daß der Neigungswinkel des Wellenleiters zur Normale auf eine Spaltebene des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel bilden kann bezüglich des Wellenleitermediums und eines Mediums, welches der Spaltebene benachbart ist, so daß eine linear polarisierte Welle, deren elektrischer Feldvektor parallel zu einer p-n-Übergangsebene liegt, an der Spaltebene überhaupt nicht reflektiert wird. Außerdem ist erfindungsgemäß ein ringförmiger optischer Pfad außerhalb des Laserelementes so angeordnet, daß eine Ringlaserschwingung bewirkt 10 wird.

15 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

- 20 Figur 1 ein Diagramm zur Erläuterung des Prinzips des Brewster'schen Winkels;
- Figur 2 eine perspektivische schematische Ansicht zur Erläuterung des Aufbaus eines Ausführungsbeispiels für ein Halbleiter-Laserelement;
- 25 Figur 3 eine Draufsicht unter Auslassung von Teilen auf das Halbleiter-Laserelement von Figur 2; und
- Figuren 4 bis 6 Diagramme zur Erläuterung des Aufbaus von Ausführungsbeispielen für die Halbleiter-Ring-laservorrichtung.

30 Figur 2 zeigt ein Beispiel für ein Halbleiter-Laserelement. Bezugssymbol 1 bezeichnet ein n-Ga-As-Substrat, Bezugssymbol 2 bezeichnet eine  $n\text{-Al}_{x_1}\text{-Ga}_{1-x_1}\text{-As}$ -Überzugs-35 schicht, Bezugssymbol 3 bezeichnet einen  $n\text{-Al}_{x_g}\text{-Ga}_{1-x_g}\text{-As}$ -Wellenleiterbereich, Bezugssymbol 4

06.06.81

5

1 eine aktive  $\text{Al}_{x_1}\text{-Ga}_{1-x_1}$ -Schicht, und Bezugszeichen 5 be-  
 zeichnet eine p- $\text{Al}_{x_2}\text{-Ga}_{1-x_2}$ -As-Überzugsschicht, und diese  
 Schichten 2,3,4 und 5 bilden einen streifenförmigen Mesa-  
 5 Abschnitt, der so ausgebildet ist, daß er einen Brewster'-  
 schen Winkel  $\theta_B$  bezüglich einer Normalen zu jeder Spalt-  
 ebene 6 aufweist. Bezugszeichen 7 bezeichnet eine  
 $n\text{-Al}_{x_3}\text{-Ga}_{1-x_3}$ -As-Außenschicht, Bezugszeichen 8 bezeichnet  
 eine  $\text{SiO}_2$ -Isolierschicht, welche den oberen Bereich der  
 10 Außenschicht 7 außer dem streifenförmigen Mesa-Abschnitt  
 bedeckt, Bezugszeichen 9 bezeichnet eine Cr-Au-Metallfilm-  
 elektrode, welche in direktem Kontakt mit der Überzugs-  
 schicht 5 des streifenförmigen Mesa-Abschnitts steht und  
 die Isolierschicht 8 bedeckt, und Bezugszeichen 10 be-  
 15 zeichnet eine AuGeNi-Au-Metallfilmelektrode.

Dieses Element wird in einem Verfahren hergestellt, bei  
 welchem die Überzugsschicht 2, der Wellenleiterbereich 3,  
 die aktive Schicht 4 und die Überzugsschicht 5 der Reihe  
 20 nach auf dem Substrat 1 gezogen werden durch ein her-  
 kömliches sequentielles Flüssigphasen-Aufwachsverfahren  
 und dann der streifenförmige Mesa-Abschnitt der Elemente  
 2,3,4 und 5 durch Mesa-Ktzung gebildet wird. Indem wie-  
 derum ein Flüssigphasen-(Epitaxial-)Aufwachsverfahren  
 25 verwendet wird, wird die Außenschicht 7 auf der oberen  
 Fläche des Substrats 1 und auf den Seitenflächen des Mesa-  
 Abschnitts gezogen oder gezüchtet, und dann wird das  $\text{SiO}_2$   
 niedergeschlagen, um die obere Fläche der Außenschicht 7  
 außer der oberen Fläche des streifenförmigen Mesa- Ab-  
 30 schnitts zu überdecken. Danach wird eine thermische Diffu-  
 sion von Zn durch ein Fenster der  $\text{SiO}_2$ -Schicht ausgeführt,  
 um die  $\text{SiO}_2$ -Isolierschicht 8 zu bilden. Schließlich wer-  
 den die Metallschichten der Elektroden 9 und 10 auf der  
 35 oberen und der unteren Fläche des Laserelementes durch  
 eine Verdampfungsniederschlagsbehandlung gebildet. (Refe-  
 renz: K.Saito und R.Ito "Buried-Heterostructure AlGaAs  
 Lasers", IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 16,  
 p.p. 205-215, February 1980).

06.08.81.

6

- 1 Wenn wie oben beschrieben der Wellenleiterbereich 3 bei  
 seiner Bildung so eingestellt wird, daß er einen Brewster'schen Winkel bezüglich der Normalen auf die Spaltebene 6 bildet, kann durch das herkömmliche Verfahren leicht ein  
 5 Halbleiter-Laserelement hergestellt werden, welches an seiner Spaltebene 6 keine Reflexionsfunktion aufweist.

Figur 3 ist eine schematische Ansicht eines Modells des Halbleiter-Laserelementes von Figur 2, von oben betrachtet; in dieser Ansicht ist die p-n-Übergangsebene des Wellenleiters 3 als eine zur Zeichenebene parallele Ebene gezeigt.

Ein spezielles Beispiel für den Brewster'schen Winkel  $\theta_B$  wird folgendermaßen beschrieben: Wenn der Brechungsindex des Wellenleiters eines AlGaAs-Laserelementes etwa 3,5 beträgt und der Brechungsindex des umgebenden Gaskörpers etwa 1,0 beträgt, dann gilt

$$\theta_B \cong \tan^{-1} 1,0/3,5 \cong 16^\circ$$

20

Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bezugszeichen 11 bezeichnet das oben beschriebene Halbleiter-Laserelement, dessen Spaltebene 6 eine nichtreflektierende Ebene geworden ist; das Laserelement 11 ist mit seiner oberen und seiner unteren Elektrode über einen Widerstand 12 an eine elektrische Antriebsquelle 13 angeschlossen. Das Bezugszeichen 14 bezeichnet eine Linse, Bezugszeichen 15 bezeichnet einen Spiegel und Bezugszeichen 15A bezeichnet einen Strahlteiler, und auf diese Weise wird ein ringförmiger Resonator mit einem ringförmigen optischen Pfad 16 durch ein System dieser optischen Teile gebildet. Ein Strahl 19 im Uhrzeigersinn und ein Strahl 20 gegen den Uhrzeigersinn werden von dem Strahlteiler 15A abgenommen.

35

Wenn dieses Ausführungsbeispiel auf eine Ringlaser-Gyroskopvorrichtung angewandt wird, wird diese so eingerichtet, daß der Strahl 19 im Uhrzeigersinn und der Strahl

## 06.08.61

7

- 1 20 gegen den Uhrzeigersinn, welche den Strahlteiler 15A durchlaufen, unter Verwendung eines Prismas, eines Spiegels oder dgl. (nicht gezeigt) zusammengefügt werden können und die Frequenzdifferenz der beiden Strahlen von 5 einem optischen Detektor (nicht gezeigt) als Schwebungs- signal einer Veränderung des optischen Ausgangssignals abgenommen wird.

Wenn in Figur 4 einer oder mehrere der zwei Spiegel 15 10 und des einzelnen Strahlteilers 15A durch ein Beugungsgitter ersetzt werden, ist eine derartige vorteilhafte Wirkung zu erwarten, daß die Einzelfrequenz-Wahleigenschaft und die Polarisationsebenen-Lineareigenschaft verbessert werden.

- 15 Figur 5 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel. Bei diesem wird der ringförmige optische Pfad durch ein optisches Faserglied 17 anstelle der Spiegel 15 in Figur 4 gebildet.

- 20 In jedem der Ausführungsbeispiele der Figuren 4 und 5 ist das Medium, welches der Spalteinheit 6 benachbart sein soll, ein gasförmiger Körper, wie zum Beispiel Luft oder dgl. Wenn eine Ölgetränkten Linse oder dgl. anstelle der Linse 5 verwendet wird, wird ein Medium wie Öl, optischer 25 Zement oder dgl. in einen Raum zwischen dem Halbleiter-Laserelement und der Linse gefüllt, und in diesem Fall muß der Neigungswinkel des Wellenleiters des Halbleiter-Laserelementes so eingestellt werden, daß er den Brewster'schen Winkel entsprechend diesem Medium aufweist.

- 30 Figur 6 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel, bei welchem das oben beschriebene Halbleiter-Laserelement 11 und das optische Faserteil 17 direkt miteinander verbunden sind, ohne ein optisches System wie eine Linse oder dgl. einzufügen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Wellenleiter 3 des Halbleiter-Laserelementes 11 so eingestellt, 35 daß sein Neigungswinkel bezüglich der Normalen zu der

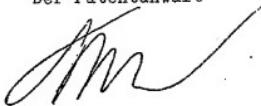
06.08.81

- 1 Spaltebene 6 der Brewster'sche Winkel  $\theta_B$  bezüglich des Elementmediums und eines Kernes 18 des optischen Faser- teiles 17 ist, und der Kern 18 des optischen Faserteiles 17, dessen Endfläche so geschnitten ist, daß sie den ge- nannten Winkel aufweist, und poliert ist, ist direkt mit dem Wellenleiter 3 verbunden. Auf diese Weise wird die polarisierte Welle, welche parallel zu der p-n-Übergangs- ebene ist, an der Verbindungsfläche völlig reflexionsfrei.
- 10 Wenn der Brechungsindex des Wellenleiters 3 des Halbleiter- Laserelementes 11 etwa 3,5 beträgt und der Brechungsindex des optischen Faserteiles 17 etwa 1,5 beträgt, ergibt sich in diesem Fall folgender Brewster'scher Winkel  $\theta_B$ :  

$$\theta_B \approx \tan^{-1} 1,5/3,5 \approx 23,2^\circ$$
- 15 Das Halbleiter-Laserelement in diesem Ausführungsbeispiel kann leicht auf ähnliche Art wie oben hergestellt werden.
- Der ringförmige optische Pfad, der aus dem optischen Faser- teil 17 außerhalb des Halbleiter-Laserelementes 11 be- steht, bildet einen ringförmigen Resonator zum Bewirken einer Ringlaser-Oszillation und ist so angeordnet, daß ein im Uhrzeigersinn laufender Strahl 19 und ein gegen den Uhrzeigersinn laufender Strahl 20 von beiden Enden 20 eines gebogenen Abschnitts 21 des optischen Faserteiles 17 abgenommen werden.
- Wenn eines der Ausführungsbeispiele der Figuren 5 und 6 für eine Ringlaser-Gyroskopvorrichtung verwendet wird, 30 ist diese ähnlich dem Fall des in Figur 4 gezeigten Bei- spiels so eingerichtet, daß der Strahl 19 im Uhrzeiger- sinn und der Strahl 20 gegen den Uhrzeigersinn unter Ver-wendung eines Spiegels, eines Prismas oder dgl. (nicht ge- zeigt) zusammengeführt werden können, so daß der Fre- 35 quenzunterschied der beiden Strahlen von einem ( nicht gezeigten) optischen Detektor als Schwebungssignal einer Veränderung des optischen Ausgangssignals abgenommen wird.

- 1 Erfundungsgemäß ist also der Wellenleiterbereich des  
Halbleiter-Laserelementes so angeordnet, daß sein Nei-  
gungswinkel bezüglich der Normalen zu der Spaltebene des  
Laserelementes einen Brewster'schen Winkel zwischen einem  
5 Wellenleitermedium und einem Medium bilden kann, welches  
der Spaltebene benachbart ist, und der ringförmige Pfad  
wird durch ein optisches System außerhalb des Halbleiter-  
Laserelementes derart gebildet, daß es als ringförmiger  
Resonator dient, so daß eine praktisch ausgezeichnete  
10 Halbleiter-Ringlaservorrichtung erhalten werden kann,  
welche im Vergleich zu einer Gas-Ringlaservorrichtung der-  
artige Vorteile aufweist wie kleine Größe, leichtes Ge-  
wicht, niedrigen Energieverbrauch, hohen Wirkungsgrad,  
niedrige Kosten und andere und beispielsweise zur Verwen-  
15 dung in einer Ringlaser-Gyroskopvorrichtung oder dgl.  
geeignet ist.

Der Patentanwalt



20

25

30

35

**-10-**  
**Leerseite**

3131232

19.08.81

-13-

Nummer:

Int. Cl. 5:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

NACHRICHTEN

3131232

H01S 3/083

8. August 1981

8. April 1982

FIG.1

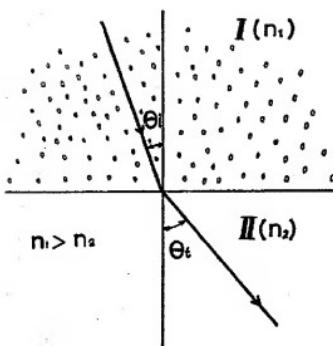


FIG. 2

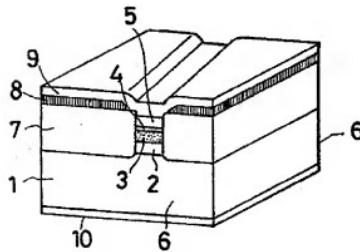
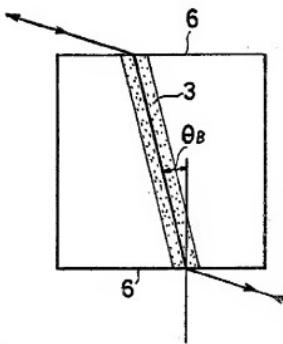


FIG. 3



P 31 31 232.2.

19.06.81

-11-

SEARCHED  
INDEXED  
SERIALIZED  
FILED  
3131232

FIG.4

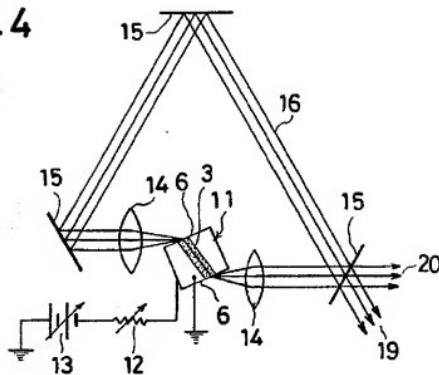
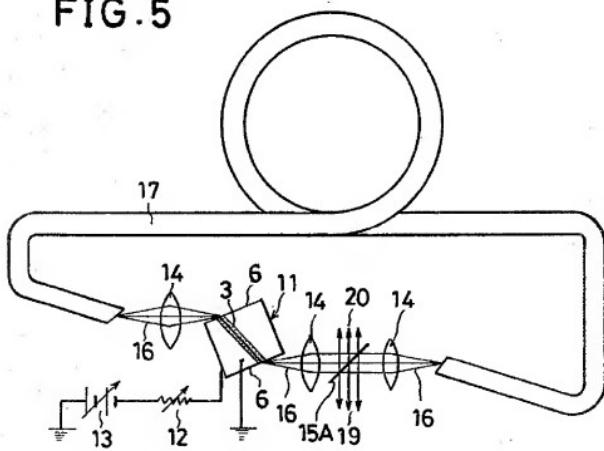


FIG.5



P 31 31 232.2

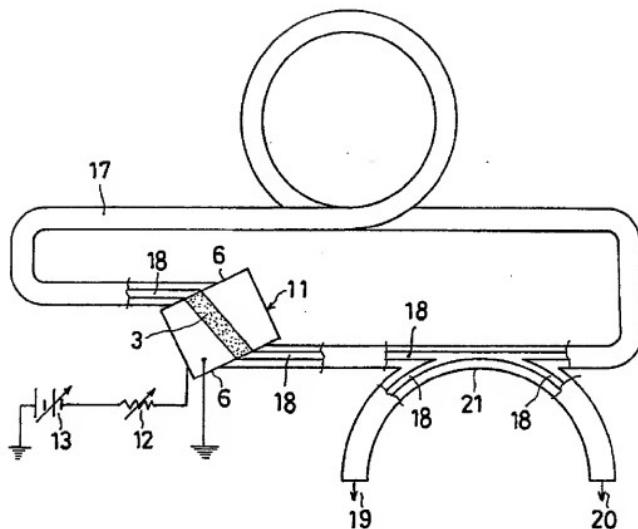
19.06.81

NACHBERICHT

3131232

-12-

FIG.6



P 31 31 232.2